©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Zur Vegetation auf Blei-Zink-Halden im Raum Niedere Tauern

Von WOLFGANG PUNZ und MANFRED ENGENHART

(Vorgelegt in der Sitzung der math.-nat. Klasse am 27. April 1989 durch das w. M. KARL BURIAN

Summary

There is an obvious lack of data on metallicolous vegetation for the central (non-calcareous) regions of the Alps. The paper presents vegetation lists from two mine spoil areas in the Niedere Tauern. High concentrations of lead, zinc, copper and cadmium in plants document a markable heavy metal stress on the investigated sites. Plant cover seems to consist of species normally living on silicate; some species are known for their capability to resist heavy metal stress. Further investigations are to answer the question whether a specific phytosociological group of plants on Central Alpine metalliferous sites can be discerned.

1. Einleitung

In der Klasse der Violetea calaminariae BR.-BL. et TX. (welche die euro-westsibirischen Schwermetall-Pflanzengesellschaften umfaßt) können innerhalb der Ordnung der Violetalia calaminariae BR.-BL. et TX. drei Verbände gefaßt werden, nämlich:

1. die Vegetation der alpinen Schwermetallböden, Galio anisophylli-Minuartion vernae,

2. die Schwermetallrasen des westlichen Mitteleuropas und Westeuropas, Thlaspion calaminaris, und

3. die Schwermetallrasen des übrigen Mitteleuropas, Armerion halleri.

(Das bisherige nach ERNST 1974.)

Während ERNST (1974) für den (Ost-)Alpenraum die beiden Gesellschaften des Violetum dubyanae ERNST (in den Bergamasker Alpen) sowie des Thlaspietums cepaeifolii ERNST (im südöstlichen Alpenraum) angibt und die Schwermetallpflanzengesellschaften der nördlichen Kalkalpen als Fragmente auffaßt, fehlen – wie u. a. SAUKEL (1980) kritisch anmerkt – einschlägige Befunde aus dem zentralalpinen Bereich gänzlich. Abgesehen von Einzelangaben sowie der erwähnten Arbeit von SAUKEL (1980), welche freilich einen deutlichen Schwerpunkt auf die Moosvegetation legt, scheinen keine Daten über Schwermetallvegetation im Bereich des Alpenhauptkammes vorzuliegen (Übersicht bei PUNZ 1988, 1989).

Der „Reichtum Österreichs an armen Lagerstätten" (LECHNER et al. 1964, HOLZER 1966), welche z. T. bereits seit der Frühzeit abgebaut werden (KIRNBAUER 1968), liefert – in Verbindung mit der geologisch-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

mineralogischen Fachliteratur – die Möglichkeit, derartige Standorte gezielt aufzusuchen und Untersuchungen der dort vorhandenen Vegetation durchzuführen.

2. Beschreibung der Standorte

2.1. Ramingstein

Die Blei-Silberlagerstätte Ramingstein liegt in quarzitischen Granat-Glimmerschiefern, die von Quarzlinsen durchzogen sind. Die Erze bestehen hauptsächlich aus Bleiglanz, zu dem sich etwas Zinkblende, Kupferkies und Eisenkies zugesellen. Bergbaue auf silberhältigen Bleiglanz sind erstmals für die Mitte des 15. Jahrhunderts urkundlich nachweisbar. Nähere Angaben sind den Arbeiten von WEISS (1951), THURNER (1958), MUTSCHLECHNER (1967), MEIXNER (1974) und KÖSTLER (1986) zu entnehmen; der letztere gibt – neben einigen kulturhistorischen Angaben – auch einen Lageplan der Bergbau-Reviere.

2.2. Schladming

Von den bei FRIEDRICH (1967) beschriebenen Silber-Bleilagerstätten (im „Granitgneis bis Tonalitgneis, vielfach noch massig" nach VETTERS 1933) wurden einige Halden im Gebiet der Eschach-, Sag- und Duisitzalm ausgewählt:

1. der Haldenbereich auf der Höhe von ca. 1560 m,
2. die Waschhalden auf ca. 1520 m,
3. die Halde auf der Sagalm auf ca. 1530 m,
4. die Scheidehalde auf ca. 1200 m.

In der Tab. 4 entsprechen diesen Halden die Spalten 3–6 (in der angeführten Reihenfolge).

Nähere Angaben sind den Arbeiten von FRIEDRICH (1933, 1959, 1967) zu entnehmen.

3. Ergebnisse

3.1 Ramingstein

3.1.1. Der Haldenbereich südlich der Mur

Die untersuchte Halde der Siebenschläferwand (Kräofen-Revier) befindet sich südseitig der Mur, also auf der Schattseite auf ca. 1150 m, besitzt eine sehr steile Neigung (größer als 35°), verflacht allerdings im obersten Bereich etwas; hier befinden sich auch einige offenbar angeschüttete kleinere Haufen von etwas feinerkörnigem Haldenmaterial, während die Halde ansonsten eher mit dem Begriff Blockschutt charakterisiert werden kann. Die Vegetation der Umgebung ist ein Fichten-Lärchen-Mischwald. Die Deckung der Pflanzen im ganz offenen, grobblockigen Bereich ist sehr gering. Am weitesten dringt *Asplenium septentrionale* in diesen Bereich vor. Sobald der Blockschutt etwas kleiner und etwas verfestigt wirkt, treten weitere Pflanzenarten hinzu. Dieser

I 90156
O.Ö. LANDESMUSEUM

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Zustand kann mit der folgenden Aufnahme charakterisiert werden (Pflanzensoziologische Aufnahmen nach der Methode BRAUN-BLANQUET 1964):

Aufnahme 1 (Fläche 2 × 2 m; Deckung 5 %): *Silene rupestris 1, Asplenium septentrionale* 1, *Silene vulgaris* +, *Asplenium viride* +, *Avenella flexuosa* (+); Moose (v. a. *Grimmia commutata*) +; Flechten +.

Die folgende Aufnahme entstammt einer Stelle mit höherem Anteil von Feinmaterial im Substrat:

Aufnahme 2 (Fläche 2 × 2 m, Deckung 10 %): *Silene vulgaris* 1, *Asplenium septentrionale* 1, *Anthoxanthum odoratum* 1, *Silene rupestris* +, *Avenella flexuosa* +; Flechten +.

Randlich, das heißt in jenen Haldenpartien, welche im Streubereich von Bäumen liegen, treten die Flechten stark in den Vordergrund und bilden fast vollständig deckende Polster/Teppiche. Schließlich sei erwähnt, daß *Thlaspi caerulescens* in großer Zahl auf den oben erwähnten kleineren Haufen von Haldenmaterial vorkommt.

Die Liste aller auf der Halde vorkommenden Pflanzen (Tab. 4, Spalte 1) läßt keine mehrheitliche Zuordnung zu einer ökosoziologischen Vegetationsgruppe (vgl. ELLENBERG 1982) erkennen. Bei Auswertung der (Gesamt-)Artenliste hinsichtlich ihrer Zeigerwerte und Lebensformen ergibt sich folgendes Bild:

Lebensformen: P 17 %, N 9 %, Z 3 %, C 4 %, H 51 %, G 3 %, T 6 %. Der geringe Geophytenanteil (Durchschnitt für Mitteleuropa nach ELLENBERG 1982 etwa 12 %) dokumentiert die Immaturität des Standorts, während der hohe Anteil an (Nano-)Phanerophyten (26, gegenüber 7 im mitteleuropäischen Durchschnitt) an offenen, waldnahen Pionierstandorten nicht untypisch ist (vgl. HALL 1957).

Ökologische Zeigerwerte: (vgl. Abb. 1)

Von den (wie bereits erwähnt) zahlreich vorkommenden Flechten wurden folgende Arten bestimmt:

Cladonia cariosa (Ach.) Spreng.
Cladonia carneola (Fr.) Fr.
Cladonia fimbriata (L.) Fr.
Cladonia macroceras (Delin) Ahti
Cladonia mitis Vandst.
Cladonia phyllophora Hoffm.
Cladonia rangiferina (L.) Web.
Cladonia subulata (L.) Wigg
Peltigera neckeri (Mül.) Arg.

An einzelnen auf der Halde vorkommenden Pflanzen wurden auch Schwermetallanalysen (mittels AAS 3030 Fa. Perkin & Elmer, in der Flamme) durchgeführt; diese sind in Tab. 1 zusammengefaßt. Die „Normalgehalte" in Pflanzenmaterial liegen für Blei zwischen 0,1 und 10 ppm, für Zink zwischen 2 und 100 ppm, für Kupfer zwischen 2 und 20 ppm, und für Cadmium zwischen 0,05 und 1 ppm (FINCK 1982).

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

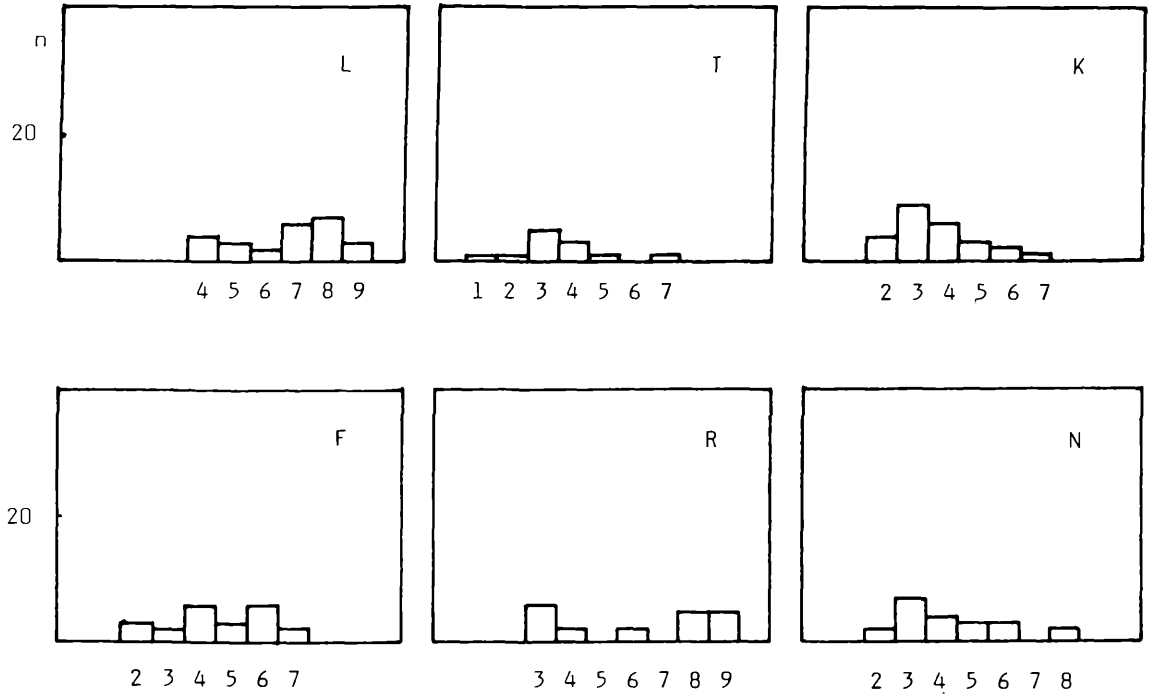

Abb. 1: Ellenberg-Zeigerwerte der am Standort Ramingstein (Süd) aufgefundenen Pflanzen (Gesamtliste; vgl. Tab. 4 Sp. 1). Die neun Positionen der Abszisse entsprechen den möglichen Zeigerwerten (1–9); die Ordinate gibt die Anzahl der jeweils vorkommenden Werte wieder. L Lichtzahl, T Temperaturzahl, K Kontinentalitätszahl, F Feuchtezahl, R Reaktionszahl, N Stickstoffzahl. Vgl. hiezu ELLENBERG (1982).

Tab. 1: Schwermetallgehalte von Pflanzen(teilen) am Standort Ramingstein 1 (Siebenschläferwand) in ppm Trockensubstanz

	Pb	Zn	Cu	Cd
Silene vulgaris (Blätter)	13	392	9,5	1,2
Silene rupestris	215	732	11,3	5,5
Cardamine resedifolia	11	950	5,6	30,6
Thlaspi caer. (Fruchtstd.)	10	3552	5,9	73,1

3.1.2. Der Haldenbereich nördlich der Mur

Die links der Mur (sonnseitig) gelegenen kleineren Halden des Altenberg-Reviers (ca. 1060 m) weisen eine etwas andere Artenzusammensetzung auf. Vor allem ist hier das weitgehende Zurücktreten der Moose, Flechten (es wurde nur die Art *Cladonia pleurota* [Floerke] Schaerer bestimmt) und auch Farne anzuführen. Die Neigung ist geringer (ca. 30 %), das Haldenmaterial feiner; die Vegetation der Umgebung ist zwar noch immer ein Mischwald mit Fichten und Lärchen, jedoch treten Laubhölzer hinzu, bzw. sind auf einer Seite der Halde offene Flächen (Weiden, Straßenbau) benachbart. Die folgende Aufnahme stammt aus dem unteren Bereich der größten Halde dieses Reviers:

Aufnahme 3 (Fläche 2 × 2 m, Deckung 5 %): *Silene rupestris* 2, *Asplenium septentrionale* +, *Thlaspi caerulescens* +, *Galeopsis ladanum* +, *Luzula albida* r, *Mycelis muralis* r, *Agrostis stolonifera* r, *Silene nutans* r.

Etwas höher oben auf der gleichen Halde, jedoch schwach beschattet, wurde die nachfolgende Aufnahme gemacht:

Aufnahme 4 (Fläche 2 × 2 m, Deckung 10 %): *Silene rupestris* 2, *Thlaspi caerulescens* 1, *Asplenium septentrionale* +, *Agrostis stolonifera* +, *Galeopsis ladanum* +, *Betula pendula* Kl +, *Picea abies* +, *Luzula albida* r, *Silene nutans* r; Moos (r).

Eine kleine (ca. 10 × 20 m), mitten im Wald liegende Halde wies demgegenüber (bei völligem Fehlen von *Asplenium septentrionale*) dichte Herden von *Silene rupestris*, Keimlinge von *Betula pendula* und *Picea abies* sowie (randlich) auch noch Exemplare von *Thlaspi caerulescens*, *Festuca trachyphylla*, *Myosotis arvensis*, *Euphorbia cyparissias*, *Sempervivum arachnoideum* sowie Moosanflug auf.

Ähnlich wie auf der Siebenschläfer-Halde können auch hier die Pflanzenarten (Tab. 4, Spalte 2) nicht mehrheitlich einer ökosoziologischen Großgruppe zugeordnet werden.

Die Auswertung nach ELLENBERG (1982; Lebensformenspektrum, Zeigerwerte) ergibt folgende Daten:

Lebensformen: P 17 %, N 4 %, C 8 %, H 59 %, G 4 %, T 8 %.

Zeigerwerte: (vgl. Abb. 2).

Die hier durchgeführten Schwermetallanalysen an Pflanzen bzw. -teilen ergaben folgendes Bild (Tab. 2):

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

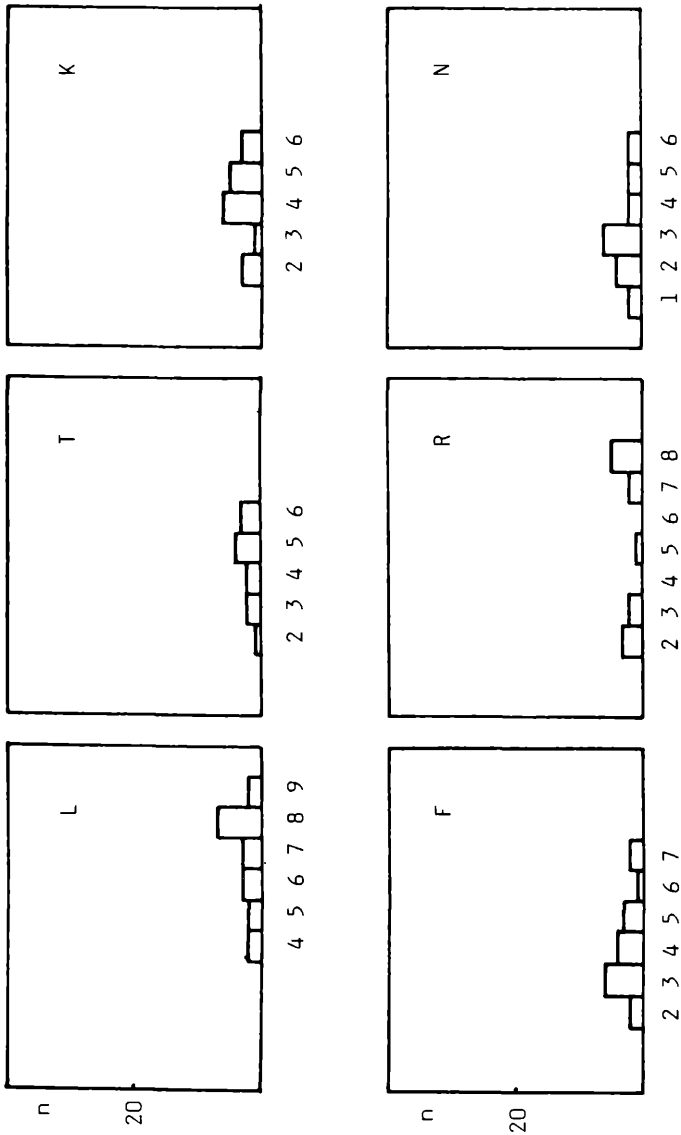

Abb. 2: Ellenberg-Zeigerwerte der am Standort Ramingstein (Nord) aufgefundenen Pflanzen (Gesamtliste; vgl. Tab. 4 Sp. 2). Vgl. auch Legende zur Abb. 1

Tab. 2: Schwermetallgehalte von Pflanzen(teilen) am Standort Ramingstein 2 (Altenberg-Revier) in ppm Trockensubstanz

	Pb	Zn	Cu	Cd
Silene rupestris	25	317	7,9	2,3
Thlaspi caer. (Fruchtstd.)	1	5.890	3,6	55,7
Thlaspi caer. (Blätter)	47	16.147	4,2	6,0

Bemerkenswert ist hier vor allem, daß *Silene vulgaris* auf der Halde selbst fehlt, obwohl sie unmittelbar daneben an den Flanken der neu angelegten Straße reichlich vorkommt.

3.2. Schladming (Eschach-Sagalm)

Die Angaben zum Bewuchs der einzelnen Halden sind in Tab. 4 (Spalten 3–6) zusammengefaßt. Die oberste Halde (Sp. 3) war im Wald gelegen; der Bereich der Waschhalden (Sp. 4) wies bereits einen weitgehend geschlossenen Bereich von Gräsern/Krautigen auf; die beiden anderen Halden (Sagalm, Scheidehalde, entsprechend den Spalten 5, 6 in der Tabelle) bestanden aus eher grobem Blockschutt.

Bei Auswertung der gesamten Artenliste (über alle vier Standorte) zeigt sich, daß die überwiegende Zahl der Pflanzen den ökologischen Gruppen 4 und 5 nach ELLENBERG angehören.

Lebensformenspektrum: P 2 %, N 4 %, Z 4 %, C 12 %, H 64 %, G 8 %, T 6 %.

Zeigerwerte: (vgl. Abb. 3).

Tabelle 3 gibt die Schwermetallgehalte einzelner Pflanzen wieder.

Tab. 3: Schwermetallgehalte von Pflanzen(teilen) am Standort Schladming (Eschach-Sagalm) in ppm Trockensubstanz. Die in Klammer beigefügte Zahl bezieht sich auf den jeweiligen Standort entsprechend Tab. 4.

	Pb	Zn	Cu	Cd
Linaria alpina (3)	68	86	19,7	0,3
Campanula cochleariif. (3)	4	54	6,0	0,3
Moehringia muscosa (3)	10	49	4,8	0,9
Stellaria graminea (4)	4	119	4,7	1,2
Asplenium viride (6)	11	83	6,4	1,0
Moehringia muscosa (6)	8	26	4,1	0,8

Die Pflanzen im untersuchten Haldenbereich scheinen – soweit sich dies aus den wenigen untersuchten Proben ableiten läßt – mit der einzigen Ausnahme von *Linaria alpina* keine deutlich erhöhten Schwermetallgehalte aufzuweisen.

4. Besprechung der Ergebnisse

Da die Ergebnisse der Schwermetallanalysen für die bisher im Raum Schladming untersuchten Halden kaum erhöhte Schwermetallgehalte ergaben, beschränkt sich die nachfolgende Besprechung der Ergebnisse auf die in Ramingstein gewonnenen Daten.

Das Vorliegen einer deutlich erhöhten Schwermetallbelastung kann auf Grund der angeführten Pflanzenanalysen als gesichert angenommen werden: Nicht nur *Thlaspi caerulescens* (welches zu dem für seine

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

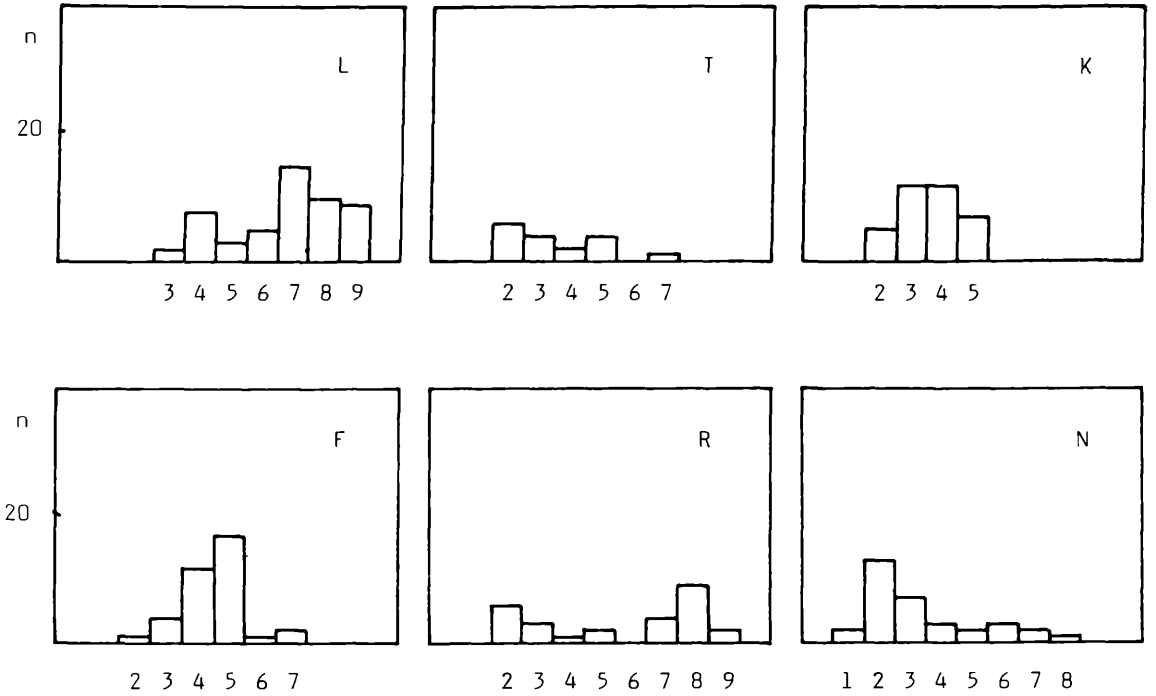

Abb. 3: Ellenberg-Zeigerwerte der an den Standorten Schladming aufgefundenen Pflanzen (Gesamtliste; vgl. Tab. 4 Sp. 3–6). Vgl. auch Legende zur Abb. 1

Fähigkeit zur Schwermetallakkumulation bekannten Aggregat *alpestre* zählt vgl. ERNST 1974, 1982), sondern auch die anderen untersuchten Arten zeigen zum Teil extrem hohe Schwermetallkonzentrationen in der Trockensubstanz. *Silene vulgaris* zählt zu den Pflanzen, die verbreitet auf schwermetallhaltigen Substraten vorkommen (ERNST 1974, 1982); für *Silene rupestris* beschreibt SISSOLAK (1985) eine schwermetalltolerante Rasse von Standort Schwarzwand. Von *Cardamine resedifolia* sind keine einschlägigen Analysen bekannt; immerhin kommt sie z. B. mehrfach an Schwermetallstandorten Südtirols vor (PUNZ, WIESHOFER, 1989); die Spezies *glauca* tritt in Serpentingesellschaften Sudüosteuropas auf (ERNST 1974).

Wie bereits erwähnt, ist die Zahl der lediglich im offenen Haldenbereich vorkommenden Arten relativ gering; demgegenüber steigt sie im Randbereich, vor allem im Streubereich von Bäumen, sprunghaft an. Die Artengarnitur insgesamt ist eher heterogen, wobei jedoch ein deutliches Hervortreten von Pionierarten (insgesamt zwischen 40 und 50 %) zu beobachten ist.

Die für den engeren, offenen Haldenbereich beschriebene Artengarnitur zeigt (abgesehen vom Vorkommen der Art *Silene vulgaris* auf den südlich der Mur gelegenen Halden) kaum Beziehungen zu dem für die alpine Schwermetallvegetation postulierten, jedoch hauptsächlich an Hand von Angaben aus dem kalkalpinen Bereich erstellten Vegetationsverband, eher noch zum Thlaspion calaminaris (den Schwermetallrasen des westlichen Mittel- und Westeuropas), mit dem sie neben der schon genannten *Silene vulgaris* die Arten *Festuca pallens/trachyphylla* (als Kleinarten von *Festuca ovina*), *Thlaspi caerulescens* (zum *Thlaspi alpestre* – Aggregat) sowie einige Begleiter verbinden. Die Artengruppe *Silene rupestris* (welche übrigens von HOLZNER 1972 zur Leitart einer Assoziation Silenetum rupestris im oberen Murtal gemacht wurde), *Asplenium septentrionale, Avenella flexuosa, Silene nutans* kann wohl den Silikatfugengesellschaften (im engeren Sinn vielleicht dem Woodsio-Asplenietum septentrionalis TX.) zugerechnet werden.

Es darf vermutet werden, daß auch hier (vgl. KALETA 1984, PUNZ, ENGENHART 1988) die Vegetation der Schwermetallstandorte eher negativ durch das Fehlen bzw. den Ausfall von Arten charakterisiert ist, wobei einerseits Pflanzen, welche der ökologischen Standortscharakteristik (also Silikatfugengesellschaften) entsprechen, andererseits Spezies mit der Potenz zum Ertragen von Schwermetallstreß (bzw. der Fähigkeit zur Ausbildung schwermetallresistenter Rassen) bevorzugt vorkommen. Die Antwort auf die Frage, ob sich – ähnlich wie für die kalkalpinen Regionen bei ERNST (1965, 1974) – auch für die zentralalpinen, durch das Vorkommen kristalliner Gesteine gekennzeichneten Gebiete eine charakteristische Artengruppe (Gesellschaft?) beschreiben läßt, muß weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Pflanzennamen nach EHRENDORFER (1973), FRAHM, FREY (1983), POELT (1974).

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Tab. 4: Gesamtliste der im Rahmen der vorliegenden Arbeit aufgefundenen Pflanzen, nach Standorten gegliedert. Spalte 1: Ramingstein (Süd); Spalte 2: Ramingstein (Nord); Spalten 3–6: Schladming. Ausführliche Beschreibung der Standorte im Text. Die Pflanzennamen (nur Höhere Pflanzen) sind nach EHRENDORFER (1973) wiedergegeben.

Pflanzennamen	1	2	3	4	5	6
Adenostyles glabra x alliaria			*			
Agrostis stolonifera L.	*	*				
Alnus incana (L.) Moench	*	*				
Anthoxanthum odoratum agg.	*					
Arabis ciliata Clairv.				*		
Asplenium septentrionale (L.) Hoffm.	*	*				
Asplenium viride Huds.	*		*	*	*	*
Avenella flexuosa (L.) Parl.	*		*			
Berberis vulgaris L.		*				
Betula pendula Roth	*	*				
Calamagrostis varia (Schrad.) Host						*
Campanula cochlearifolia Lam.			*			
Campanula rotundifolia L.	*	*				*
Campanula scheuchzeri Vill.			*	*		
Cardamine resedifolia L.	*					
Carduus defloratus L.			*			
Carduus sp.				*		
Carlina acaulis L.			*			
Clematis vitalba L.			*			
Cynanchum vincetoxicum agg.		*				
Cystopteris fragilis agg.	*	*				
Dryopteris dilatata (Hoffm.) A. Gray	*					
Dryopteris filix-mas agg.						*
Epilobium collinum C. G. Gmel.						*
Epilobium sp.				*		
Epipactis atrorubens (Hoffm.) Schult.			*		*	
Euphorbia cyparissias L.		*				
Euphrasia minima agg.			*	*		
Euphrasia sp.						*
Festuca pallens Host.	*					
Festuca trachyphylla (Hackel) Kraj		*				
Fragaria sp.				*		
Galeopsis ladanum agg.		*				
Galeopsis sp.					*	*
Galium anisophyllum Vill.			*	*	*	*
Gentiana germanica Willd.			*			
Geranium robertianum L.						*
Gymnocarpium robertianum (Hoffm.) Newm.						*
Hieracium pilosella L.	*			*		
Hieracium staticifolium All.			*			
Hieracium sylvaticum (L.) L.			*			
Lamiastrum galeobdolon ssp. flavidum (F. Herm.) Ehrend.						*
Larix decidua Mill.	*	*				
Lathyrus sylvestris L.		*				
Linaria alpina (L.) Mill.			*			
Lotus corniculatus agg.	*		*			
Luzula albida Dandy & Wilm.	*	*		*		
Lycopodium clavatum L.	*					
Melampyrum sylvaticum L.	*		*			

Pflanzennamen	1	2	3	4	5	6
Melica nutans agg.			*			
Moehringia muscosa L.			*			*
Mycelis muralis (L.) Dum.		*				*
Myosotis arvensis (L.) Hill		*				
Picea abies (L.) Karsten	*	*				
Pimpinella saxifraga agg.						*
Poa alpina L.				*	*	
Polygala vulgaris L.			*			
Polygala sp.				*		
Polygonatum sp.		*				
Polypodium vulgare agg.	*					
Polystichum lonchitis (L.) Roth			*			
Pyrola secunda L.			*			
Rubus idaeus L.				*		
Salix appendiculata agg.	*					
Salix caprea L.	*					
Salix hastata L.	*					
Sedum sp.					*	
Sempervivum arachnoideum L.	*	*				
Sempervivum montanum L.			*	*		
Sesleria varia agg.			*			
Silene nutans L.	*	*		*		
Silene rupestris L.	*	*	*	*	*	*
Silene vulgaris (Moench) Garcke	*		*			
Stellaria graminea L.				*		
Thesium alpinum L.			*	*		
Thlaspi caerulescens J. & K. Presl	*	*				
Thymus sp.			*	*	*	*
Trifolium pratense L.				*		
Vaccinium vitis – idaea L.			*			
Viola sp.			*			

5. Literatur

BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie. Springer, Wien.

EHRENDORFER, F. (1973): Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. Fischer, Stuttgart.

ELLENBERG, H. (1982): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen, Ulmer, Stuttgart.

ERNST, W. (1974): Schwermetallvegetation der Erde. Fischer, Stuttgart.

ERNST, W. (1982): Schwermetallpflanzen. In: KINZEL, H. (ed.), Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel, Ulmer, Stuttgart, 472–506.

FINCK, A. (1982): Pflanzenernährung in Stichworten. Hirt, Kiel.

FRAHM, J. P., FREY, W. (1983): Moosflora. Ulmer UTB Stuttgart.

FRIEDRICH, O. M. (1933): Silberreiche Bleiglanz-Fahlerzlagerstätten in den Schladminger Tauern und allgemeine Bemerkungen über den Vererzungsvorgang. – BHJb 81, 84–99.

FRIEDRICH, O. M. (1959): Erzminerale der Steiermark. – Min. Mittbl. Joanneum (1959), 1–58.

FRIEDRICH, O. M. (1967): Monographie der Erzlagerstätten bei Schladming I. – Archiv f. Lagerstättenf. Ostalpen 5, 80–130.

HALL, I. G. (1957): The ecology of disused pit heaps in England. – J. Ecol. 45, 689–720.

HOLZER, H. (1966): Erläuterungen zur Karte der Lagerstätten mineralischer Rohstoffe der Republik Österreich. Geol. B.-A. Wien.

HOLZNER, W. (1972): Einige Ruderalgesellschaften des oberen Murtales. – Verh. Zool.-Bot. Ges. Wien 112, 67–85.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

KALETA, M. (1984): Die Degradation der Wiesengesellschaften im Gebiet von Magnesitwerken. – Biologia (Bratislava) 39, 81–91.
KIRNBAUER, F. (1968): Historischer Bergbau I und II. – Österreichischer Volkskundeatlas, 3. Lfg., 3–70.
KÖSTLER, H.-J. (1986): Montangeschichtlicher Führer durch das obere Murtal. Podmenik, Fohnsdorf.
LECHNER, K., HOLZER, H., RUTTNER, A., GRILL, R. (1964): Karte der Lagerstätten mineralischer Rohstoffe der Republik Österreich 1:1.000.000. Geol. B.-A. Wien.
MEIXNER, H. (1974): Die Erz- und Minerallagerstätten Salzburgs. – BHM 119, 503–512.
MUTSCHLECHNER, G. (1967): Über den Bergbau im Lungau. – Mittlgn. Ges. Salzburger Landeskde. 107, 129–168.
POELT, J. (1974): Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten. J. Cramer, Vaduz.
PUNZ, W. (1988): Standorte von Schwermetallvegetation in Österreich. – Symp. Synanthropic Flora and Vegetation V, Martin (CSSR), 209–219.
PUNZ, W. (1989): Vegetation auf Schwermetallhalden im Ostalpenraum. – 5. Österr. Botanikertreffen, Innsbruck.
PUNZ, W., ENGENHART, M. (1988): Zur Vegetation von Blei-Zink-Halden im Raum Mariazell. – Mitt. naturw. Ver. Steiermark 118, 173–176.
PUNZ, W., WIESHOFER, I., red. (1989): Experimentell-ökologischer Freilandkurs 1988 (MAIER/PUNZ) – Protokoll. Inst. f. Pflanzenphysiologie, Univ. Wien. Als Ms. vervielf.
SAUKEL, J. (1980): Ökologische – soziologische, systematische und physiologische Untersuchungen an Pflanzen der Grube „Schwarzwand" im Großarltal (Salzburg). Diss. Univ. Wien.
SISSOLAK, M. (1985): Toxizitäts- und Fertilitätsgrenzen gegenüber Kupfer bei einigen Alpenpflanzen von Standorten mit verschiedener Kupferbelastung. – Flora 17, 377–386.
THURNER, A. (1958): Erläuterungen zur geologischen Karte Stadl-Murau. Geol. B.-A. Wien.
VETTERS, H. (1933): Geologische Karte der Republik Österreich und der Nachbargebiete. Geol. B.-A. Wien.
WEISS, P. (1951): Die Blei-Silber-Lagerstätte Ramingstein. – BHM 96, 141–151.

Wir danken: Herrn Dr. A. POLATSCHEK, Herrn Univ.-Prof. Dr. R. TÜRK, Herrn Mag. Dr. H. ZECHMEISTER und Herrn Univ.-Ass. Dr. P. ENGLMAIER für ihre Hilfe bei der Bestimmung des Herbarmaterials; Frau cand. phil. S. GIENTENREITER für Aufschluß und Bestimmung der Proben; der Verwaltung von Schloß Finstergrün für die Zufahrtsbewilligung; Herrn Univ.-Prof. Dr. K. BURIAN

Anschrift der Verfasser: Univ.-Ass. Mag. Dr. WOLFGANG PUNZ und Dr. MANFRED ENGENHART, Institut für Pflanzenphysiologie der Universität Wien, A-1091 Wien, Althanstraße 14.